

**Elektromagnet**

Die Erfindung betrifft einen Elektromagneten zur Betätigung eines Ventils.

5

Elektromagneten werden häufig zur Betätigung von Ventilen in hydraulischen Systemen eingesetzt. Ein solcher Elektromagnet zur Betätigung eines Ventils ist z. B. aus der DE 37 09 474 C1 bekannt. Der Elektromagnet betätigt  
10 dabei einen Ventilschließkörper, der mit einem Dichtsitz in Abhängigkeit von dem Hub des Ventilschließkörpers zu einer variablen Drossel zusammenwirkt.

Der Hub des Ventilschließkörpers wird durch einen in  
15 axialer Richtung durch ein Magnetfeld bewegten Anker erzeugt. Der Anker ist in axialer Richtung hierzu in einem Ankerraum bewegbar und wird durch eine axial auf den Anker wirkende Feder in einer definierten Ausgangsposition gehalten. Die in dem Inneren des Elektromagneten  
20 ausgebildeten Hohlräume sind während des Betriebs des Elektromagneten mit dem Druckmittel gefüllt, so dass die Bewegung des Ankers bedämpft ist. Der Ankerraum bzw. das den Ankerraum in axialer Richtung begrenzende Polrohr ist in radialer Richtung außen von einer Spule umgeben, welche  
25 bei Bestromen ein Magnetfeld erzeugt, das den Anker in Richtung des Polrohrs entgegen der Kraft der Feder mit einer magnetischen Kraft beaufschlagt.

Der rückwärtige Ankerraum wird dabei in seinem Volumen  
30 reduziert und das darin befindliche Druckmittel wird verdrängt. Gleichzeitig entsteht durch die axiale Bewegung des Ankers auf der gegenüberliegenden Seite des Ankers ein Volumen, in das das verdrängte Druckmittel einströmt. Das verdrängte Druckmittel strömt dabei am radial äußeren  
35 Umfang des Ankers entlang, wobei dieser Ringsspalt über eine Entlüftungsventileinrichtung mit der Umgebung verbunden ist.

Die sich dabei in dem Ankerraum befindende Luft muss bei der Inbetriebnahme des Elektromagneten aus dem Ankerraum entfernt werden. Hierzu ist bei dem in der DE 37 09 474 C1 beschriebenen Elektromagneten eine Entlüftungsventil-

5 einrichtung vorgesehen, welche über eine Querbohrung den um den Anker herum befindlichen Ringsspalt mit der Umgebung des Elektromagneten verbindet.

Die Entlüftungsventileinrichtung ist ähnlich einem

10 Wechselventil aufgebaut. Der in dem Entlüftungsventil angeordnete Schließkörper hat eine geringere spezifische Dichte als das verwendete Druckmittel. Aufgrund der Schwerkraft gibt der Schließkörper daher solange einen durchströmbaren Querschnitt frei, bis das Niveau des

15 entlang dem Ventilschließkörper nachströmenden Druckmittels, welches bei Betrieb des Ventils durch den Förderdruck in den Ankerraum gedrückt wird, den Schließkörper des Entlüftungsventils erreicht hat. Der Schließkörper schwimmt dann auf dem Druckmittel und wird

20 gegen den nach außen gerichteten Dichtsitz gedrückt, wodurch das Entlüftungsventil verschlossen ist.

Neben dem erheblichen Aufwand, der durch die Integration eines solchen Wechselventils in den Elektromagneten

25 entsteht, hat die beschriebene Entlüftung den Nachteil, dass beim Befüllen das Ventil durch das Druckmittel geschlossen wird. Insbesondere bei einem Wiederbefüllen des entleerten Ankerraums mit dem Druckmittel ist es unvermeidbar, dass in dem verhältnismäßig zähflüssigen

30 Druckmittel Rückstände eingeschlossener Luft in dem rückwärtigen Ankerraum zurückbleiben. Dieser Lufteinschluss verschlechtert das Dämpfungsverhalten und machen es schwierig die Dämpfung abzustimmen, da durch die Bewegung des Ankers unterschiedliche Verteilungen der Luft

35 auftreten können. Die eingeschlossene Luft wird bei der Bewegung des Ankers lediglich hin und hergeschoben, kann jedoch aus dem Ankerraum nicht mehr entweichen, da das Entlüftungsventil verschlossen bleibt.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Funktion des Ventils abhängig von der Einbaulage des Elektromagneten ist. Ein mit dem beschriebenen Entlüftungsventil ausgerüstetes hydraulisches Ventil weist daher eine vorgegebene  
5 Einbaulage auf.

Ein weiterer Nachteil ist, dass das Verschließen der Entlüftungsbohrung über das Druckmittel erfolgt, welches in der Regel ein Öl ist. Bei einem teilweisen Entweichen  
10 des Druckmittels aus dem Ankerraum, z.B. während einer darauf folgenden längeren Standzeit, kann es daher zum Verkleben des Schließkörpers kommen, wodurch die Funktion bei einer erneuten Inbetriebnahme nicht mehr gewährleistet ist.

15

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Elektromagneten zu schaffen, welcher sich durch eine kontinuierliche Entlüftung während des Betriebs selbsttätig und vollständig entlüftet.

20

Die Aufgabe wird durch den erfindungsgemäßen Elektromagneten mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Elektromagnet hat den Vorteil, dass  
25 mit dem Ankerraum ein Rückflussskanal verbunden ist, über welchen das in den Ankerraum eintretende Leckagefluid in ein Tankvolumen abfließt. Damit wird während des Betriebs des Elektromagneten ein zwar geringer aber kontinuierlich auftretender Leckagestrom erreicht. Dieser Leckagestrom  
30 erzeugt einerseits in dem Ankerraum einen geringfügigen Unterdruck, andererseits können Luftbläschen, welche aufgrund der Bewegung des Ankers in den Bereich der Strömung transportiert wurden, mitsamt der Leckageströmung über den Rückflussskanal abgeführt werden.

35

Der Rückflussskanal ist während des Betriebs des Elektromagneten jederzeit offen, so dass auch bei einer näherungsweise vollständigen Befüllung des Elektromagneten mit dem Druckmittel der Druckmittelleckagestrom erhalten

bleibt. Auf diese Weise ist es möglich, dass  
Lufteinschlüsse, die auch bei einer nahezu vollständigen  
Befüllung mit Druckmittel noch in dem rückwärtigen  
Ankerraum vorhanden sein können, noch aus dem Inneren des  
5 Elektromagneten entfernt werden. Die Lufteinschlüsse  
werden dann durch die Bewegung des Ankers in den Bereich  
befördert, in dem die Strömung aufgrund der  
Druckmittelleckage auftritt. Die Bewegung der  
eingeschlossenen Luft wird dabei einerseits durch den von  
10 der Strömung erzeugten Unterdruck und andererseits durch  
die Verwirbelung, die aufgrund der Strömung entsteht,  
begünstigt.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen  
15 des erfindungsgemäßen Elektromagneten dargestellt.

Insbesondere ist es vorteilhaft, dass der Rückflussskanal  
direkt in den Ankerraum ausmündet, da hierdurch eine  
besonders effektive Entlüftung erfolgt. Das aus dem  
20 rückwärtigen Ankerraum durch die Bewegung des Ankers  
verdrängte Druckmittel transportiert somit die in dem  
rückwärtigen Ankerraum enthaltenen Luftbläschen in die  
unmittelbaren Nähe der Leckageströmung. Damit ist die  
Mitnahme der Luftbläschen durch den Leckagestrom besonders  
25 einfach und es ergibt sich eine schnelle Entlüftung.

Eine weitere vorteilhafte Ausführung ergibt sich, indem  
der Rückflussskanal in einem erweiterten Bereich des  
Polrohrs angeordnet ist. Durch eine solche Anordnung wird  
30 der Leckagestrom nicht durch den Ankerraum geführt,  
wodurch die Gefahr verringert wird, dass Schmutzpartikel,  
die in dem Leckagestrom enthalten sein können, bis zum  
Anker transportiert werden. Solche Verschmutzungen, welche  
sich im Bereich des Ankers befinden, wirken sich  
35 nachteilig auf die Lebensdauer des Elektromagneten aus.  
Gegenüber der Ausmündung des Rückflussskanals unmittelbar  
in den Ankerraum bildet sich bei der Ausmündung in dem  
Polrohr aufgrund der geringeren Strömungsquerschnitte eine  
höhere Strömungsgeschwindigkeit der Leckageströmung aus,

die wiederum das Entweichen der eingeschlossenen Luftbläschen verbessert.

Weiterhin ist es vorteilhaft, den Rückflussskanal so in dem  
5 Elektromagnet auszubilden, dass eine direkte Anschlussmöglichkeit an das in der betätigten Ventileinheit befindliche Tankvolumen gegeben ist. Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Elektromagneten befindet sich hierzu der Rückflussskanal in  
10 einem Polrohr, welches auch die Führung des auf das zu betätigende Ventil wirkenden Stößels übernimmt.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Elektromagneten sind in der Zeichnung dargestellt und  
15 werden anhand der nachfolgende Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische geschnittene Darstellung einer mit einem erfindungsgemäßen Elektromagneten  
20 betätigten Ventileinheit,

Fig. 1b eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts der Fig. 1a,

25 Fig. 2 eine geschnittene Teildarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten,

30 Fig. 3 eine geschnittene Teildarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten,

35 Fig. 4 eine geschnittene Teildarstellung eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten,

Fig. 5 eine geschnittene Teildarstellung eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten,

Fig. 6 eine geschnittene Teildarstellung eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten, und

5

Fig. 7 eine geschnittene Teildarstellung eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Elektromagneten.

10 In Fig. 1a ist ein erstes Beispiel einer Verstellvorrichtung 1 mit einem durch den erfindungsgemäßen Elektromagneten betätigten Ventil dargestellt. Zum Regeln eines Schwenkwinkels einer nicht dargestellten hydrostatischen Kolbenmaschine wird ein  
15 Stellkolben 2 in einer Stelldruckkammer 3 sowie einer zweiten Stelldruckkammer 4 mit einem Stelldruck beaufschlagt. Die in der ersten und zweiten Stelldruckkammer 3 und 4 wirkenden Stelldrücke wirken auf die entgegengesetzt orientierten Kolbenflächen des  
20 Stellkolbens 2, an dem bei einer Druckdifferenz eine resultierende Kraft angreift. Zur Einstellung der Druckdifferenz in den beiden Stelldruckkammern 3 und 4 ist ein Stelldruckregelventil 5 vorgesehen. Das Stelldruckregelventil 5 weist einen Regelkolben 6 auf, der  
25 in einer Bohrung eines Gehäuses 7 axial verschieblich angeordnet ist. Weiterhin sind in dem Gehäuse 7 eine erste Speisedruckbohrung 8 sowie eine zweite Speisedruckbohrung 9 eingebracht. Die erste Speisedruckbohrung 8 und zweite Speisedruckbohrung 9 sind mit einer Speisedruckleitung 14  
30 verbunden, die beispielsweise an einer Hilfsdruckquelle angeschlossen sein kann.

Zum Einstellen der Stelldrücke in der ersten Stelldruckkammer 3 und der zweiten Stelldruckkammer 4 ist  
35 die Speisedruckleitung 14 bzw. die erste Speisedruckbohrung 8 oder die zweite Speisedruckbohrung 9 mit einer ersten Stelldruckleitung 12 oder einen zweiten Stelldruckleitung 13 verbindbar. Hierzu ist die erste Stelldruckleitung 12 an einem ersten Stelldruckkanal 10

angeschlossen, der seitens des Regelkolbens 6 in eine erste Nut 15 mündet. Ebenso ist die zweite Stelldruckleitung 13 über einen zweiten Stelldruckkanal 11 mit einer zweiten Nut 16 verbunden. Im Bereich der ersten  
5 bzw. zweiten Nut 15 bzw. 16 weist der Regelkolben 6 einen ersten Regelkolbenabschnitt 17 bzw. einen zweiten Regelkolbenabschnitt 18 auf. Die beiden Regelkolbenabschnitte 17 bzw. 18 weisen eine erste Stelldrucksteuerkante 19 bzw. eine zweite  
10 Stelldrucksteuerkante 20 auf, die an den entgegengesetzt orientierten Enden des jeweiligen Regelkolbenabschnitts 17 bzw. 18 angeordnet sind. Die erste Stelldrucksteuerkante 19 und die zweite Stelldrucksteuerkante 20 bilden mit der jeweiligen ersten Nut 15 bzw. zweiten Nut 16 eine in  
15 Abhängigkeit von der axialen Position des Regelkolbens 6 variable Drosselstelle aus. Durch die gemeinsame Bewegung der beiden Steuerkanten 19 bzw. 20 wird dabei jeweils eine Drossel geöffnet und gleichzeitig die andere Drossel geschlossen.

20

Je nach Bewegungsrichtung der Regelkolbens 6 wird damit der erste Stelldruckkanal 10 über die erste Nut 15 mit einer ersten Speisedrucknut 21 verbunden und damit die erste Stelldruckkammer 3 mit dem Druck aus der  
25 Speisedruckleitung 14 bedrückt. Analog wird der zweite Stelldruckkanal 11 über die zweite Nut 16 mit einer zweiten Speisedrucknut 22 verbunden, wenn der Regelkolben 6 in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt wird.

30 Auf der von der ersten Stelldrucksteuerkante 19 abgewandten Seite des ersten Regelkolbenabschnitts 17 ist eine erste Entspannungssteuerkante 23 angeordnet. Ebenso ist an dem zweiten Regelkolbenabschnitt 18 eine zweite Entspannungssteuerkante 24 angeordnet. In Abhängigkeit von  
35 der axial Position des Regelkolbens 6 wird über die beiden Entspannungssteuerkanten 23 bzw. 24 die jeweilige Stelldruckkammer 3 bzw. 4 über die erste Nut 15 bzw. die zweite Nut 16 in ein Tankvolumen 25 entspannt.

Ebenfalls mit dem Tankvolumen 25 verbunden ist über einen Volumenausgleichskanal 26 der rückwärtige Regelkolbenraum 27. Die geringfügigen Volumenschwankungen, die in dem rückwärtigen Regelkolbenraum 27 durch eine axiale Bewegung  
5 des Regelkolbens 6 entstehen, werden damit ausgeglichen. Außerdem wird ein Teil der Regelkolbenleckage über den Volumenausgleichskanal 26 ins Tankvolumen 25 abgeführt.

Um den Stellkolben 2 in seine zweite Endposition zu  
10 verstellen, ist ein Proportionalmagnet 28 vorgesehen, welcher an dem Gehäuse 7 des Regelventils 5 angeordnet ist. Der Proportionalmagnet 28 weist einen Stößel 29 auf, wobei der Stößel 29 auf eine Stirnfläche 30 des Regelkolbens 6 wirkt. Damit ist auf den Regelkolben 6 in  
15 axialer Richtung eine Steuerkraft übertragbar, welche durch den Proportionalmagneten 28 in Abhängigkeit von einem Steuersignal erzeugt wird, das dem Proportionalmagneten 28 über einen nicht dargestellten elektrischen Anschluß zugeführt wird. Wird dem  
20 Proportionalmagneten 28 über den elektrischen Anschluß ein solches Steuersignal zugeführt, so erzeugt er eine Kraft, die den Regelkolben 6 verschiebt. Dabei wird durch die axiale Bewegung des Regelkolbens 6 an der ersten Stelldrucksteuerkante 19 ein durchströmbarer Spalt  
25 erzeugt. Das über die Speisedruckleitung 14 und die erste Speisedruckbohrung 8 zugeführte Druckmittel kann über den ersten Stelldruckkanal 10 in die erste Stelldruckkammer 3 gelangen. Der somit in der ersten Stelldruckkammer 3 erhöhte Druck bewirkt eine Verstellung des Stellkolbens 2  
30 entgegen der Kraft einer Rückstellfeder 40 in Richtung seiner zweiten Endposition.

Gleichzeitig mit dem Öffnen der Drosselstelle an der ersten Stelldrucksteuerkante 19 wird im zweiten  
35 Regelkolbenabschnitt 18 die Drosselstelle der zweiten Entlastungssteuerkante 24 geöffnet. Der zweite Stelldruckraum 4 wird über die zweite Stelldruckleitung 13 sowie den zweiten Stelldruckkanal 11 in das Tankvolumen 25 entspannt.



Zur Rückkopplung der Stellbewegung des Stellkolbens 2 ist in dem Stellkolben 2 eine Mitnehmerausnehmung 33 vorgesehen, in welcher ein Mitnehmerkopf 32 angeordnet  
5 ist, der mit dem Stellhebel 31 verbunden ist. Der Stellhebel 31 ist auf einem Lagerbolzen 34 drehbar gelagert, so daß die Stellbewegung des Stellkolbens 2 zu einer Drehung des Stellhebels 31 führt. Ebenfalls auf dem Lagerbolzen 34 drehbar gelagert sind ein erster Schenkel  
10 35 sowie ein zweiter Schenkel 36. Der erste Schenkel 35 sowie der zweite Schenkel 36 sind über eine Zugfeder 37 miteinander verbunden, so daß eine Auslenkung eines der beiden Schenkel relativ zu dem anderen zu einer Spannung der Zugfeder 37 führt.

15

An dem zu dem Mitnehmerkopf 32 des Stellhebels 31 entgegengesetzten Ende des Stellhebels 31 ist ein Mitnahmestift 38 angeordnet. Bei einer Bewegung des Stellkolbens 2 und einer damit verbundenen Drehbewegung  
20 des Stellhebels 31 bewegt sich der Mitnahmestift 38 gegenläufig zu der Stellkolbenbewegung. Der Mitnahmestift 38 liegt an dem zweiten Schenkel 36 an, so daß durch die Drehbewegung des Stellhebels 31 der zweite Schenkel 36 relativ zu dem ersten Schenkel 35 ausgelenkt wird und die  
25 Feder 37 gespannt wird.

Die in der Fig. 1a dargestellte Verstellvorrichtung 1 wird betätigt, indem über den Proportionalmagneten 28 auf den Regelkolben 6 eine Kraft ausgeübt wird. Dieses  
30 Zusammenwirken wird anhand der Fig. 1b erläutert. Der Proportionalmagnet 28 weist hierzu ein von einer nicht dargestellten Spule umgebenes Polrohr 50 auf, welches entlang seiner Längsachse von einer Durchgangsbohrung 51 durchdrungen ist. Der Durchmesser der Durchgangsbohrung 51  
35 ist so bemessen, dass die Durchgangsbohrung 51 eine Leckagespalt mit den Stößel 29 bildet. Das Polrohr 50 ist mittels einer Schraubverbindung 52 in einem Gehäusedeckel 53 des Proportionalmagneten 28 befestigt. Zur Abdichtung des Polrohrs 50 gegenüber dem Gehäusedeckel 53 ist ein

Dichtelement 54 in einer dafür vorgesehenen Nut des Polrohrs 50 angeordnet.

Der Stößel 29 steht geringfügig über die Stirnfläche 55  
5 des Polrohrs 50 hinaus und liegt dort an der Stirnfläche  
30 des Regelkolbens 6 an. An der von der Stirnfläche 55  
des Polrohrs 50 abgewandten Seite weist die  
Durchgangsbohrung 51 einen radial erweiterten Abschnitt 56  
auf, an den sich ein im dargestellten Ausführungsbeispiel  
10 als Ausnehmung des Polrohrs 50 ausgebildeter Ankerraum 57  
anschließt. In dem Ankerraum 57 ist ein Anker 58  
angeordnet, der mit dem Stößel 29 in Wirkverbindung steht.  
In dem Anker 58 sind parallel zu seiner Längsachse  
Ankerkanäle 59 ausgebildet, die die beiden voneinander  
15 abgewandten Stirnseiten des Ankers 58 miteinander  
verbinden.

Durch Bestromung der nicht dargestellten Spulenelemente  
des Elektromagneten wird der Anker 58 durch das  
20 entstehende Magnetfeld mit einer Kraft in axialer Richtung  
beaufschlagt, welche ihn so verschiebt, dass das Volumen  
des Ankerraums 57 verringert wird. Da der Anker 58 in  
Wirkverbindung mit dem Stößel 29 steht, wird diese axiale  
Bewegung auf den Stößel 29 übertragen, der seinerseits  
25 wiederum die axiale Bewegung auf die Stirnfläche 30 des  
Regelkolbens 6 überträgt. Wird der Strom für die  
Spulenelemente abgeschaltet, so wirkt auf den Anker 58  
keine Kraft mehr und er wird über die von dem Regelkolben  
6 auf den Stößel 29 übertragene Gegenkraft in der  
30 dargestellten Anordnung der Fig. 1b nach rechts  
verschoben. Zwischen dem Ankerraum 57 und dem in der Fig.  
1b nicht dargestellten rückwärtigen Ankerraum besteht  
dabei eine Verbindung über die Ankerkanäle 59, so dass  
zwischen dem Ankerraum 57 und dem rückwärtigen Ankerraum  
35 ein Volumenausgleich erfolgt.

Die Stirnfläche 30 des Regelkolbens 6 ist an einem  
Fortsatz 60 ausgebildet. Der Fortsatz 60 durchdringt eine  
Öffnung 61 einer Federscheibe 62, welche in einer

Aufnahmeöffnung 63 des Gehäuses 7 angeordnet ist. Die Federscheibe 62 ist so in der Aufnahmeöffnung 63 angeordnet, dass der durch die Gegenkraft zurück getriebene Regelkolben 6 mit einer Anschlagfläche 64 daran  
5 anschlägt und dort eine definierte Bremskraft erfährt. Die Anschlagfläche 64 ist dabei an einem Führungsabschnitt 65 ausgebildet.

Der Gehäusedeckel 53 weist einen zylindrischen Fortsatz 66  
10 auf, der in die Aufnahmeöffnung 63 des Gehäuses 7 hineinragt. Die Federscheibe 62 kann beispielsweise über den zylindrischen Fortsatz 66 in der Aufnahmeöffnung 63 fixiert werden. Zur Abdichtung ist in einer Nut des Gehäusedeckels 53 ein weiteres Dichtelement 67 angeordnet,  
15 welches den Proportionalmagneten 28 gegenüber dem Gehäuse 7 abdichtet.

Zwischen dem Führungsabschnitt 65 des Regelkolbens 6 und dem Gehäuse 7 bildet sich eine Druckmittelleckage aus,  
20 durch die es zu einem Druckmittelfluss aus der Speisedruckbohrung 8 an dem Führungsabschnitt 65 vorbei in Richtung des Proportionalmagneten 28 kommt. Das Druckmittel füllt zunächst die Aufnahmeöffnung 63 und durchströmt dann auch einen Spalt 68, welcher in der  
25 Durchgangsbohrung 51 zwischen der Innenwand des Polrohrs 50 und dem darin angeordneten Stößel 29 ausgebildet ist. Der Ankerraum 57 bildet ein geschlossenes Volumen aus.

Um für das einströmende Druckmittel eine  
30 Abflussmöglichkeit zu schaffen und damit die zum Entlüften erforderliche Strömung zu schaffen, ist in dem Polrohr 50 ein erster Kanalabschnitt 69 eines Rückflusskanals vorgesehen, welcher den erweiterten Bereich 56 der Durchgangsbohrung 51 mit einem umlaufenden Kanal 70  
35 verbindet. Der umlaufende Kanal kann beispielsweise als Freistich im Auslaufbereich der Schraubverbindung 52 ausgeführt sein. Das zurückfließende Druckmittel fließt über einen zweiten Kanalabschnitt 71 des Rückflusskanals

und einen dritten Kanalabschnitt 73 zurück in das Tankvolumen 25.

Der zweite Kanalabschnitt 71 des Rückflussskanals mündet an  
5 einer in Richtung des zylindrischen Fortsatzes 66 gerichteten Stirnseite 74 aus. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist in der Stirnseite 74 des Gehäusedeckels 53 eine Ausnehmung 75 angeordnet. Die Ausnehmung 75 liegt dabei in einem radial inneren Bereich  
10 relativ zu dem zweiten Dichtelement 67 und kann sich, um Montageungenauigkeiten auszugleichen, über eine größere Fläche der Stirnseite 74 erstrecken. Der durch die Ausnehmung 75 ausgebildeter Hohlraum ist über den dritten Abschnitt 73 mit dem Tankvolumen 25 verbunden. Der dritte  
15 Abschnitt 73 ist dabei als Bohrung durch eine Wand des Gehäuses 7 ausgebildet.

In Fig. 2 ist ein Teil eines erfindungsgemäßen Elektromagneten 28 dargestellt. Das Polrohr 50 weist eine  
20 Ausnehmung 76 für den Anker 58 auf. Je nach Position des Ankers 58 in axialer Richtung bildet sich in dem Polrohr 50 ein Ankerraum 57 aus, wie dies in der Fig. 2 dargestellt ist, oder ein rückwärtiger Ankerraum 77 aus, dessen Volumen in der gezeigten Stellung des Ankers 58  
25 minimal ist. In radialer Richtung wird der rückwärtige Ankerraum 77 durch das Polrohr 50 begrenzt. In axialer Richtung ist der rückwärtigen Ankerraum 77 einerseits durch den Anker 58 andererseits durch ein Verschlußstück 78 begrenzt, wobei das Verschlußstück 78 das Polrohr 50 an  
30 seiner von der Stirnfläche 55 abgewandten Seite verschließt. Das Verschlußstück 78 ist gegenüber der Innenwand des Polrohrs 50 mit einem weiteren Dichtelement 79 abdichtet.

35 Der Ankerraum 57 sowie der rückwärtige Ankerraum 77 sind über Ankerkanäle 59 bzw. 59' miteinander verbunden. Bei einer Bewegung des Ankers 58 kann somit das in dem rückwärtigen Ankerraum 77 befindliche Druckmittel in den Ankerraum 57 strömen und umgekehrt. In einem radial

erweiterten Bereich 80 der Ausnehmung 76 ist ein Gleitlager 81 angeordnet, in dem der Anker 58 geführt ist. Ein zweites Gleitlager 82 ist in der Durchgangsbohrung 51 angeordnet. Das zweite Gleitlager 82 ist dabei an dem zu dem Ankerraum 57 hin orientierten Ende der Durchgangsbohrung 51 angeordnet und führt dort den Stößel 29, der mit dem Anker 58 verbunden ist.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Durchgangsbohrung 51 über ihre gesamte Länge bis zu dem Ankerraum 57 mit konstanten Durchmesser ausgebildet. Um der Druckmittelleckage keinen zu hohen Strömungswiderstand entgegenzusetzen, ist der Spalt 68, der zwischen dem Stößel 29 und der Innenwand der Durchgangsbohrung 51 ausgebildet ist gegenüber der Durchgangsbohrung aus Fig. 1b vergrößert. Das Polrohr 50 weist eine Anlagefläche 83 auf, in welcher eine Nut 84 zur Aufnahme des ersten Dichtelements ausgebildet ist. Das zum Einsetzen in die Nut 84 vorgesehene Dichtelement lässt einen durchströmbaren Spalt offen, welcher einen Freistich 85 mit dem ersten Kanalabschnitt 71.1 verbindet. Zu dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1b wurde bereits beschrieben, dass der Freistich 85 einem umlaufenden Kanal 70 im Bereich eines Auslaufs der Schraubverbindung 52 ausbildet.

Der erste Kanalabschnitt 71.1 verbindet den Ankerraum 57 mit der Anlagefläche 83 und ermöglicht damit den Rückfluss des über den Spalt 68 in den Ankerraum 57 einströmenden Druckmittels. Um zwischen dem Spalt 68 und dem Ankerraum 57 ebenfalls eine durchströmbare Verbindung zu schaffen, ist ein Überströmkanal 86 vorgesehen, der die Durchgangsbohrung 51 an ihrer dem Ankerraum 57 zugewandten Seite in radialer Richtung so erweitert, dass das Druckmittel an dem zweiten Gleitlager 82 vorbei in den Ankerraum 57 strömen kann.

An der den Ankerraum 57 in Richtung der Stirnfläche 55 begrenzenden Fläche des Polrohrs 50 ist eine Antiklebescheibe 87 befestigt, welche das unerwünschte

magnetische Kleben des Ankers 58 verhindert. Die Antiklebescheibe 87 ist hierzu aus nicht magnetischem Material gefertigt und in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 an ihrem Innendurchmesser zentriert und mit der Fläche des Polrohrs 50 verklebt.

Der Strömungsweg des Druckmittels durch den Proportionalmagneten 28 führt über den Spalt 68, über den das Druckmittel, welches aufgrund des Speisedrucks an dem Führungsabschnitt 65 des Regelkolbens 6 vorbei geströmt ist, in den Elektromagneten 28 eingetreten ist. Aus dem Spalt 68 strömt das Druckmittel weiter über den Überströmkanal 86 bis in den Ankerraum 57. Um eine Verbindung von dem Überströmkanal 86 in den Ankerraum 57 zu ermöglichen, ist es beispielsweise möglich, entsprechende Ausnehmungen in der Antiklebescheibe 87 vorzusehen. Aus dem Ankerraum 57 strömt das Druckmittel entlang des ersten Kanalabschnitts 71.1 in Richtung des Tankvolumens 25 über den zweiten Kanalabschnitt 71 und den dritten Kanalabschnitt 73.

In der Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem an Stelle des ersten Gleitlagers 81 sowie des zweiten Gleitlagers 82 Folienlager verwendet werden. Weiterhin ist an Stelle des Überströmkanals 86 der bereits zu Fig. 1b beschriebene radial erweiterte Bereich 56 der Durchgangsbohrung 51 ausgebildet. Der Strömungsweg des Druckmittels entspricht im wesentlichen dem zu der Fig. 2 beschriebenen Strömungsweg. Der Druckmittelleckagestrom führt durch den Ankerraum 57, so dass eine sehr effiziente Mitnahme von sich in dem Ankerraum 57 befindenden Luftbläschen erfolgt. Der Transport der Luftbläschen aus dem rückwärtigen Ankerraum 77 erfolgt durch die Bewegung des Ankers 58 bei Betätigen des Proportionalmagneten 28. Damit kann die Entlüftung, die wegen des kontinuierlichen Entlüftens während des Betriebs vollständig ist, bei der Inbetriebnahme des Proportionalmagneten 28 erfolgen. Eine zunächst durchzuführende Entlüftung mittels einer dann

zusätzlich erforderlichen Entlüftungsschraube kann daher entfallen.

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem ein erster Kanalabschnitt 71.2 ausgebildet ist, welcher von dem Freistich 85 in den erweiterten Bereich 56 der Durchgangsbohrung 51 führt. Das Ausmünden des ersten Kanalabschnitts 71.2 in den erweiterten Bereich 56 der Durchgangsbohrung 51 hat den Vorteil, dass der Druckmittelleckagestrom nicht durch den Ankerraum 57 führt. Damit wird durch das durch den Elektromagneten 28 strömende Druckmittel keine Verschmutzung in den Bereich des Ankers 58 transportiert. Durch die kurze Anbindung über den erweiterten Bereich 56 wird somit eine Erhöhung der Lebensdauer des Proportionalmagneten 28 erreicht.

Die Ausführungsbeispiele der Figuren 5 bis 7 entsprechen im wesentlichen den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 bis 4. Im Unterschied hierzu wird jedoch eine Antiklebescheibe 87' verwendet, welche an ihrem äußeren Umfang zentriert wird. Die Antiklebescheibe 87' weist wie auch die Antiklebescheibe 87 aus den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 bis 4 eine zentrale Ausnehmung auf, welche hierbei jedoch in ihrer radialen Ausdehnung so groß bemessen ist, dass der erste Kanalabschnitt 71.1 über die zentrale Ausnehmung mit dem Ankerraum 57 verbunden ist.

Die vorgeschlagene Entlüftung ist nicht auf einen Einsatz in einem Proportionalmagneten, wie er in den Ausführungsbeispielen verwendet ist, beschränkt, sondern kann auch bei Schaltmagneten oder Stoßmagneten eingesetzt werden. Der Rückflusskanal kann außerdem auch mit dem rückwärtigen Ankerraum 77 verbunden sein.

### Ansprüche

- 5 1. Elektromagnet zur Betätigung eines Ventils, wobei der Elektromagnet (28) einen in einem Ankerraum (57, 77) axial bewegbaren Anker (58) umfasst, dessen axiale Bewegung ein Stößel (29) auf das Ventil überträgt,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 10 dass ein mit dem Ankerraum (57, 77) verbundener Rückflusskanal (69, 71, 73) vorgesehen ist, über den der Ankerraum (57, 77) zum Abführen eines aus dem Ventil in den Ankerraum (57, 77) strömenden Druckmittelleckagestroms mit einem Tankvolumen (25) verbunden ist.
- 15 2. Elektromagnet nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Rückflusskanal (69, 71, 73) in einem radial erweiterten Abschnitt (56) einer mit dem Ankerraum (57, 77) verbundenen Durchgangsbohrung (51) ausmündet.
- 20 3. Elektromagnet nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Rückflusskanal (69, 71, 73) direkt in den Ankerraum (57, 77) ausmündet.
- 25 4. Elektromagnet nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass ein auf der von dem Stößel (29) abgewandten Seite des Ankers (58) ausgebildeter rückwärtiger Ankerraum (77) mittels zumindest eines Ankerkanals (59) mit dem Ankerraum (57) verbunden ist.
- 30 5. Elektromagnet nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zumindest ein erster Kanalabschnitt (69) des Rückflusskanals (96, 71, 73) in einem Polrohr (50) angeordnet ist.



6. Elektromagnet nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
das in einem Gehäusedeckel (53) ein zweiter Kanalabschnitt  
(71) des Rückflusskanals vorgesehen ist, welcher aus dem  
5 Gehäusedeckel (53) an einer zur Anlage an einem  
Ventilgehäuse (7) vorgesehenen Fläche ausmündet.

7. Elektromagnet nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
10 dass das über den Rückflusskanal (69, 71, 73) mit dem  
Ankerraum (57, 77) verbundene Tankvolumen ein in dem  
Ventil ausgebildetes Tankvolumen (25) ist.

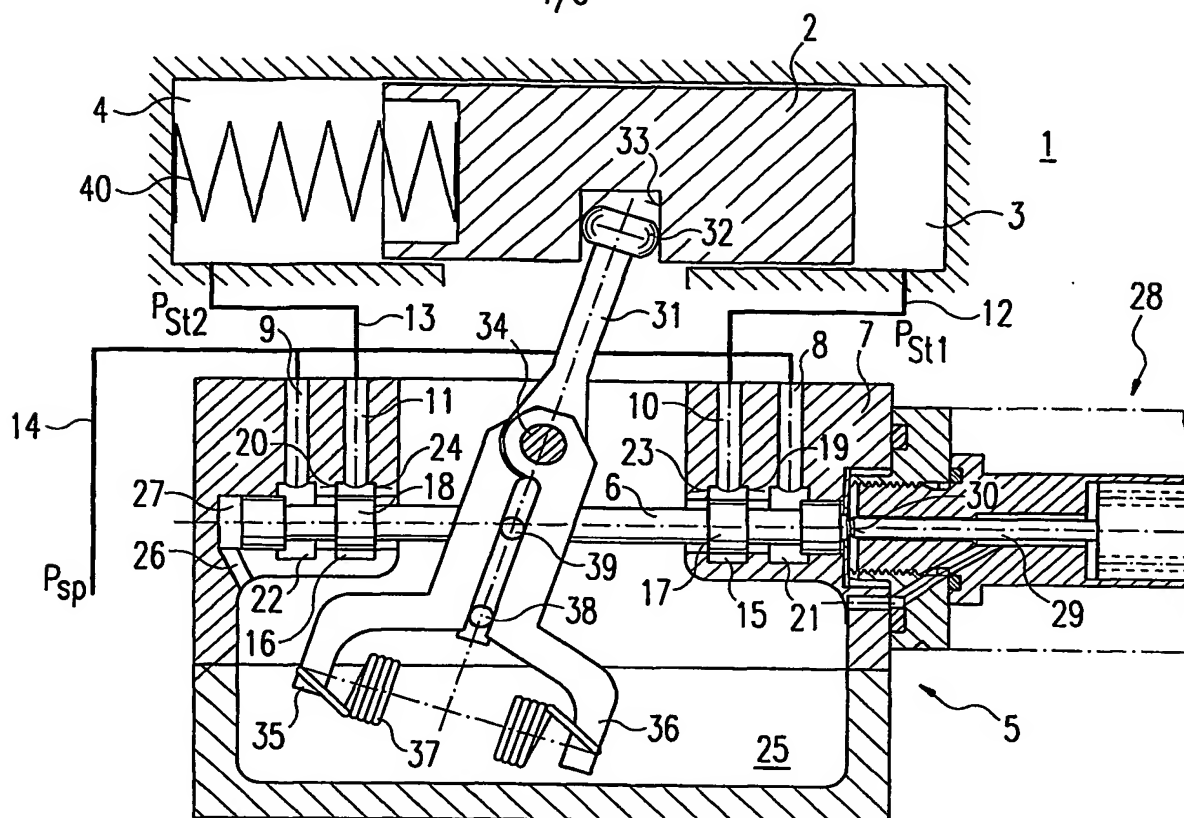
$\frac{1}{3}$ 

Fig. 1a

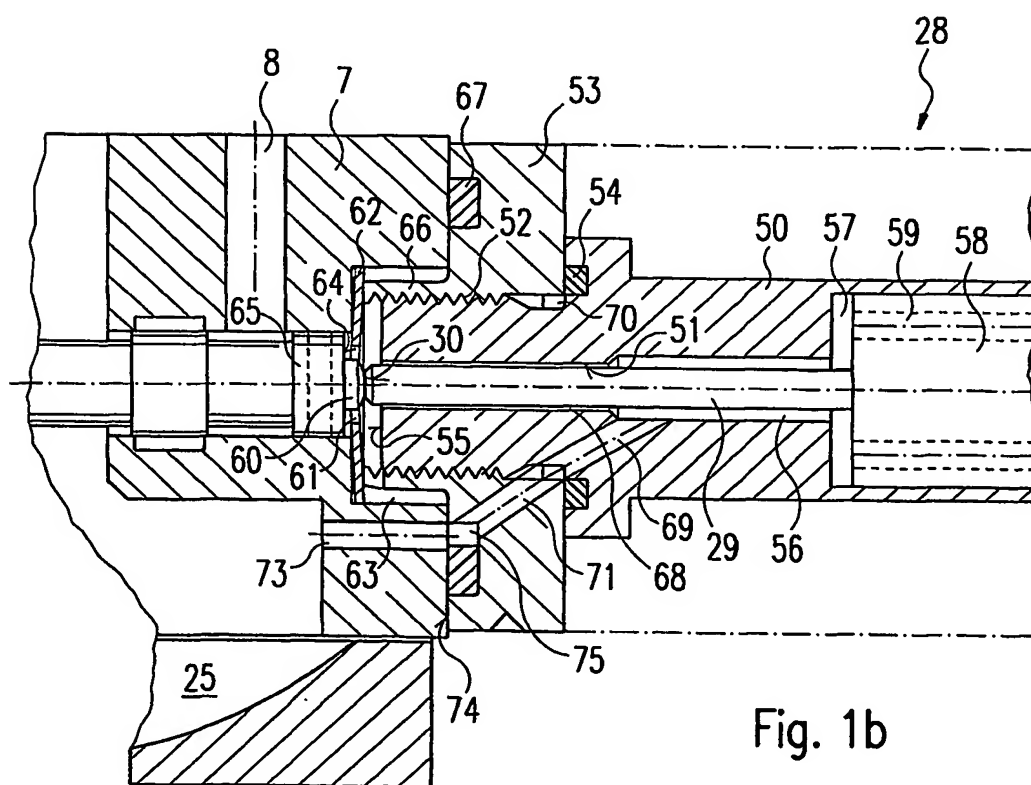


Fig. 1b

2/3

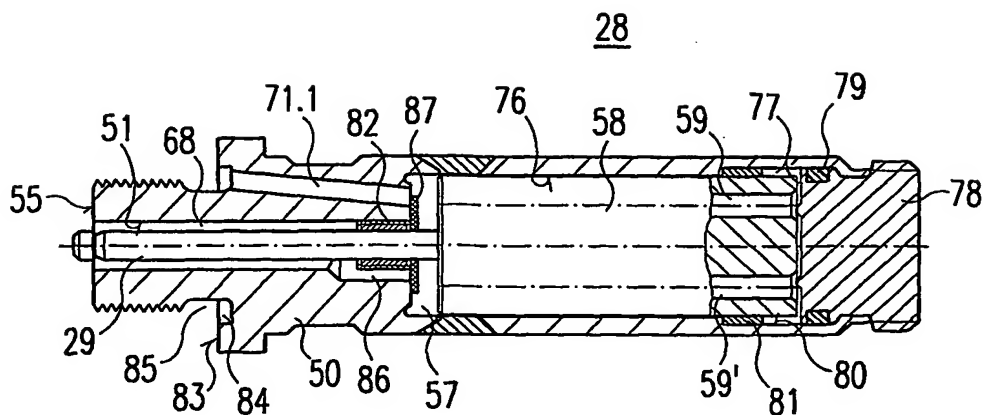


Fig. 2

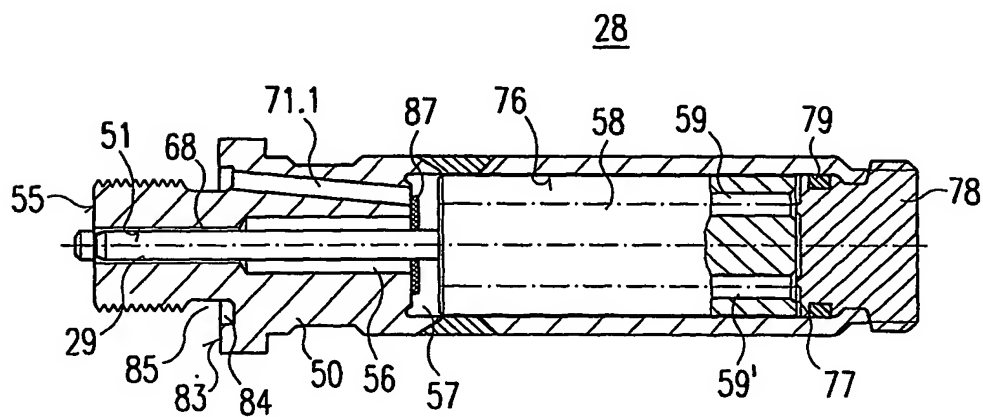


Fig. 3

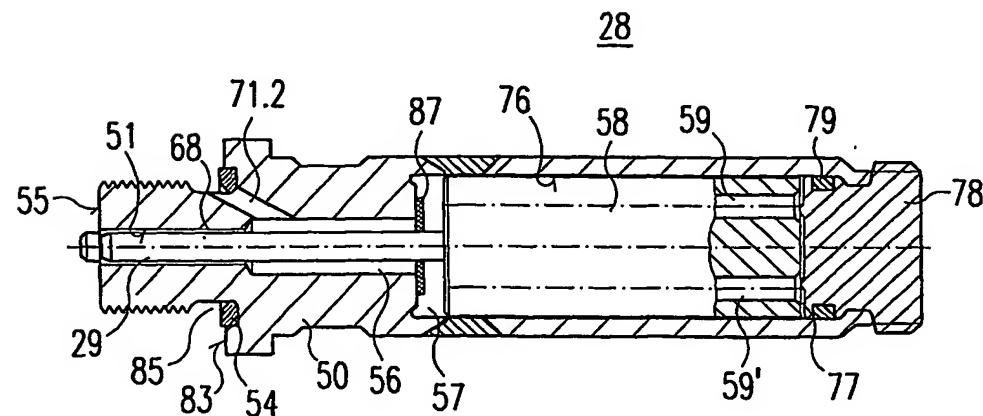


Fig. 4

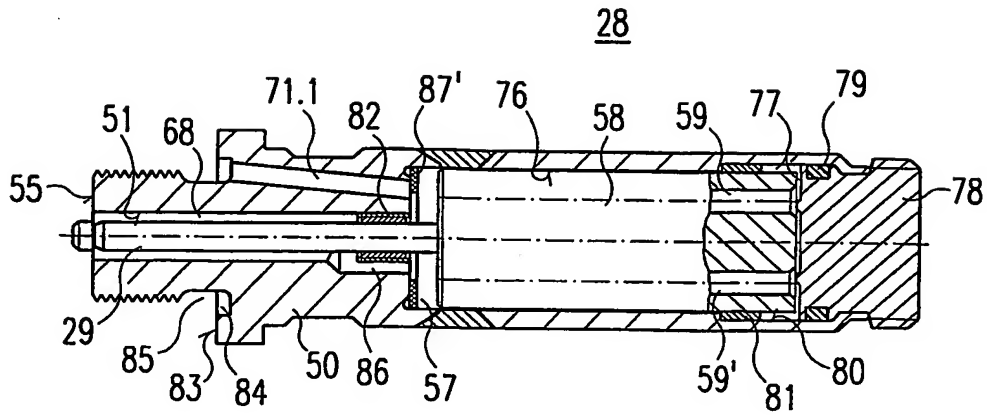


Fig. 5

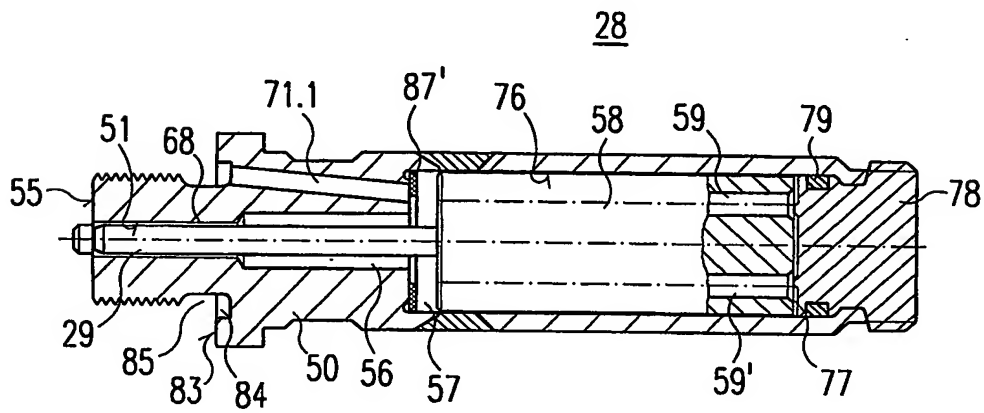


Fig. 6

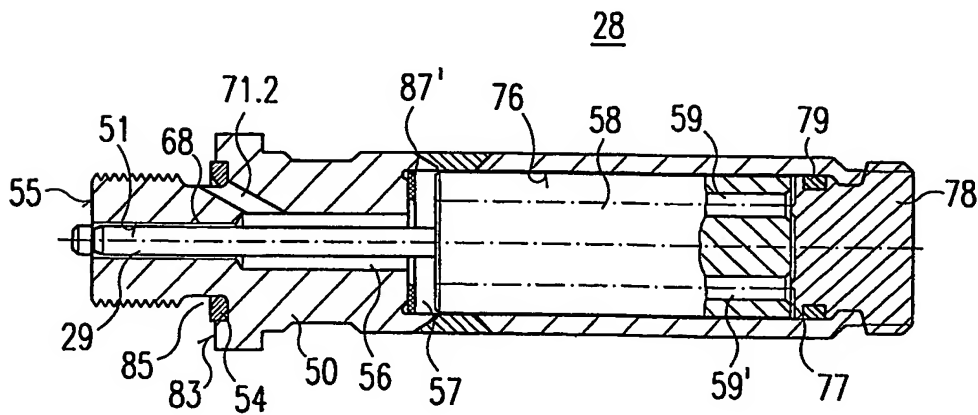


Fig. 7